

技工学校教材



# 电力系统继电保护

保定电力技工学校 林正馨 编

水利电力出版社

JIGONG XUOXIAO JIAOCAI

## 内 容 提 要

本书主要讲述电力系统继电保护的构成与工作原理。全书共分十二章。第一章为继电保护的基本知识；第二至第七章为电网的继电保护，包括相间短路的电流电压保护、方向电流保护、接地保护、距离保护、差动保护、高频保护等；第八至第十一章为元件的继电保护，包括同步发电机、电力变压器、电动机及母线的继电保护；第十二章为晶体管继电保护。

本书系电力技工(技术)学校电力类专业教学用书，此外还可用作现场电气技术工人的培训教材，并可供从事继电保护工作的技术人员参考。

技工学校教材  
**电力系统继电保护**  
保定电力技工学校 林正馨 编

水利电力出版社出版  
(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售  
水利电力出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 20印张 451千字  
1986年5月第一版 1986年5月北京第一次印刷  
印数00001—35110册 定价2.70元  
书号 15143·5960

2281 51

# 前 言

本书是根据1983年水利电力部技工学校教材工作会议所制订的教材编写规划及有关文件精神编写的，主要用作电力技工（技术）学校电气设备运行与检修、电气设备安装、电气试验等电力类专业的通用教材。

本书的编写力求适应技工学校教学的特点，并兼顾电业部门职工培训的需要。取材以常见的机电型及整流型继电器及其构成的保护装置为主，对晶体管保护及一些新型的保护装置也作了适当的介绍。

全书承上海供电局技工学校王树南审阅。重庆、苏州、安庆、大连、丰满、石家庄及河南省等电力技工（技术）学校的有关教师对教材编写大纲提出宝贵意见；有关电业部门和继电器厂提供了技术资料；编写过程中还得到保定电力技工学校电力教研室有关教师的大力支持。在此一并致谢。

书中缺点和不妥之处，恳切希望读者批评指正。

编 者

1985年7月

# 目 录

## 前 言

第一章 继电保护的基本知识 .....	1
§ 1-1 电力系统继电保护的作用 .....	1
§ 1-2 继电保护的基本原理及分类 .....	3
§ 1-3 对继电保护的基本要求 .....	5
§ 1-4 继电器的分类、型号和表示方法 .....	9
复习思考题 .....	10
第二章 电网相间短路的电流电压保护 .....	14
§ 2-1 过电流保护的基本原理与构成 .....	14
§ 2-2 常用的电磁型继电器 .....	15
§ 2-3 仪用互感器在继电保护中的应用 .....	25
§ 2-4 电流保护的接线方式 .....	30
§ 2-5 定时限过电流保护 .....	36
§ 2-6 电流速断保护 .....	40
§ 2-7 三段式电流保护装置 .....	43
§ 2-8 继电保护的原理图、展开图及安装图 .....	47
§ 2-9 电流电压连锁速断保护 .....	50
复习思考题 .....	53
第三章 电网相间短路的方向电流保护 .....	56
§ 3-1 方向电流保护的基本概念 .....	56
§ 3-2 感应型功率方向继电器 .....	59
§ 3-3 功率方向继电器的接线方式 .....	64
§ 3-4 方向过电流保护 .....	68
§ 3-5 整流型功率方向继电器 .....	69
复习思考题 .....	79
第四章 电网的接地保护 .....	81
§ 4-1 电网的接地方式及其保护特点 .....	81
§ 4-2 大接地电流系统接地故障的零序分量 .....	82
§ 4-3 大接地电流系统的零序电流保护 .....	85
§ 4-4 零序方向电流保护 .....	89
§ 4-5 中性点不接地系统单相接地时的电流和电压 .....	92
§ 4-6 中性点不接地系统的接地保护 .....	94
§ 4-7 中性点经消弧线圈接地系统的接地保护 .....	96
复习思考题 .....	99

第五章 电网的距离保护 .....	101
§ 5-1 距离保护的基本原理 .....	101
§ 5-2 阻抗继电器的种类及其特性 .....	104
§ 5-3 全阻抗继电器 .....	110
§ 5-4 方向阻抗继电器 .....	115
§ 5-5 偏移特性阻抗继电器 .....	127
§ 5-6 阻抗继电器的接线方式 .....	131
§ 5-7 影响阻抗继电器正确测量的因素 .....	136
§ 5-8 距离保护的振荡闭锁装置 .....	139
§ 5-9 距离保护的断线闭锁装置 .....	144
§ 5-10 距离保护的整定计算 .....	145
§ 5-11 LH-21型距离保护装置 .....	148
复习思考题 .....	156
第六章 电网的差动保护 .....	158
§ 6-1 纵差动保护的基本原理 .....	158
§ 6-2 平行线路的方向横差动保护 .....	161
§ 6-3 平行线路的电流平衡保护 .....	166
复习思考题 .....	168
第七章 电网的高频保护 .....	169
§ 7-1 高频保护的基本概念 .....	169
§ 7-2 高频闭锁方向保护 .....	171
§ 7-3 相差动高频保护 .....	174
§ 7-4 微波保护简介 .....	177
复习思考题 .....	178
第八章 同步发电机的继电保护 .....	179
§ 8-1 发电机的故障、不正常工作状态及其保护方式 .....	179
§ 8-2 发电机的纵差动保护 .....	181
§ 8-3 发电机的定子绕组匝间短路保护 .....	191
§ 8-4 发电机定子绕组的接地保护 .....	194
§ 8-5 同步发电机的电流电压保护 .....	204
§ 8-6 同步发电机转子回路接地保护 .....	215
§ 8-7 同步发电机的失磁保护 .....	218
§ 8-8 发电机保护全图举例 .....	226
复习思考题 .....	228
第九章 电力变压器的继电保护 .....	232
§ 9-1 电力变压器的故障、不正常工作状态及其保护方式 .....	232
§ 9-2 变压器的瓦斯保护 .....	232
§ 9-3 变压器的纵差动保护 .....	236
§ 9-4 变压器的电流电压保护 .....	249
§ 9-5 变压器的接地保护 .....	252

§ 9-6 变压器保护全图举例 .....	254
复习思考题 .....	255
<b>第十章 电动机的继电保护</b> .....	<b>259</b>
§ 10-1 电动机的故障、不正常工作状态及其保护方式 .....	259
§ 10-2 反应相间故障的电流速断保护及电动机的过负荷保护 .....	259
§ 10-3 电动机的纵差动保护 .....	264
§ 10-4 电动机的单相接地保护 .....	265
§ 10-5 电动机的低电压保护 .....	266
§ 10-6 同步电动机的失步保护 .....	267
复习思考题 .....	268
<b>第十一章 母线的继电保护</b> .....	<b>270</b>
§ 11-1 母线的故障及其保护方式 .....	270
§ 11-2 母线的完全差动保护 .....	271
§ 11-3 元件固定连接的双母线差动保护 .....	272
§ 11-4 电流相位比较式母线差动保护 .....	275
§ 11-5 断路器失灵保护简介 .....	282
复习思考题 .....	284
<b>第十二章 晶体管继电保护</b> .....	<b>285</b>
§ 12-1 晶体管继电保护的构成、特点及应用 .....	285
§ 12-2 晶体管继电触发器 .....	288
§ 12-3 晶体管时间电路 .....	293
§ 12-4 门电路 .....	297
§ 12-5 出口电路 .....	302
§ 12-6 信号电路 .....	304
§ 12-7 晶体管电流保护举例 .....	305
复习思考题 .....	310

# 第一章 继电保护的基本知识

## § 1-1 电力系统继电保护的作用

### 一、电力系统的故障及不正常工作状态

目前电能尚不能大量储存,因此,电能的生产、传输、分配和使用是在同一时间内完成的。生产、传输、分配、使用电能的发电机、变压器、电力线路、各种用电设备联系在一起组成的统一整体就是电力系统。随着工农业生产的发展,电力系统的规模和容量不断扩大,系统电压和传输距离不断提高。目前我国500kV超高压电力系统已出现并在迅速地发展中。

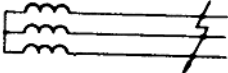
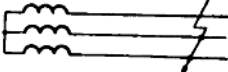
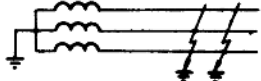
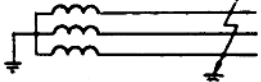
电力工业有两个最基本的特点,一是它的重要性:电能已成为现代化生产的主要动力,随着人民生活水平的不断提高,它在国计民生中愈益显示出举足轻重的作用;二是电能生产的连续性:即电能的生产 and 供应不能中断,电力系统中任一环节的故障都可能造成供电中断、电能质量下降等严重后果。因此,保证电力系统安全可靠地运行具有十分重要的意义。

但是,由于设备构造上的缺陷、设计和安装的错误、检修质量不高、运行维护不当、设备绝缘老化以及风雨雷电、鸟兽灾害等原因,致使运行中的电力系统发生各种形式的故障,甚至造成系统事故。所谓事故,就是指系统的正常工作遭到破坏,以致造成对用户的停电或少送电,电能质量严重下降、设备的毁坏,以及系统运行稳定的破坏或瓦解等。加强思想教育和生产管理,提高运行水平和工作质量可使事故大幅度下降,但在目前的条件下,完全杜绝事故还是困难的。电业工作者的任务,一方面是加强管理、改进工作,将事故防患于未然。另一方面则应采取有效措施,以便一旦发生故障时,准确而迅速地将故障设备切除。这样,就可以保证系统无故障部分继续正常运行,而把故障的影响限制在最小的范围内。

电力系统最常见同时也是最危险的故障是各种类型的短路。所谓短路,是指正常运行以外的一切相与相之间或相与地之间的短接。在中性点直接接地的系统中,一相对地短路最为常见,据统计约占故障总数的90%左右。表1-1列出了常见的短路故障类型、示意图、符号,以及对某系统故障率的统计数字。需要指出,在中性点不直接接地系统中,故障形式主要是各种相间短路,因为在这种系统中的单相接地并不构成短路。而对中性点经消弧线圈接地的电网,发生单相接地时虽然构成了回路,但由于消弧线圈的补偿作用,故障电流也是很小的。此外,电机或变压器内部,还可能出现单相相间短路等。在输电线路还可能发生断线故障。有时,断线和短路故障同时发生,称为复故障。一般说来,架空输电线路的故障率在整个电力系统中是最高的,但这些故障大部分是属于暂时性故障。所谓暂时

表 1-1

电力系统短路的基本类型

故障类型	示意图	符号	故障率
三相短路		$D^{(3)}$	2.0%
两相短路		$D^{(2)}$	1.6%
两相接地短路		$D^{(1,1)}$	6.1%
单相短路		$D^{(1)}$	87.0%
其它 (包括断线等)			3.3%

性故障，是指故障线路断开电源电压以后，故障点的绝缘强度能够自行恢复，因而如果重新将此线路合闸，线路将能恢复正常运行情况。例如，由雷电引起的绝缘子表面闪络，大风引起树枝碰线等，均属于暂时性故障。此外，也存在有永久性故障。例如，由于绝缘子的击穿或损坏、线路倒杆等原因引起的故障。此时，在断开电源电压之后，故障仍然存在。因此对于这类永久性故障，在故障排除之前，是不可能迅速恢复运行的。

短路故障可能给电力系统带来严重的危害，主要表现在以下几个方面：

1) 短路电流可达额定电流的几倍至几十倍。短路电流产生的热效应和电动力，使故障支路内的电气设备遭到破坏或缩短了其寿命。

2) 短路电流引起的强烈电弧，可能烧毁故障元件及其周围设备。

3) 短路时系统电压大幅度下降，使用户的正常工作的遭到破坏，严重时，可能引起电压崩溃，造成大面积停电。

4) 短路故障可能破坏发电机并联运行的稳定性，使系统产生振荡，甚至造成整个系统的瓦解。

5) 不对称短路时的负序电流在电机气隙中产生反向旋转磁场，在发电机转子回路内引起100Hz的额外电流，可能造成转子的局部烧伤，甚至使护环受热而松脱，致使发电机遭受严重的破坏。此外，接地短路时的零序电流还会对邻近的通讯线路及铁路自动信号系统产生严重的干扰。

运行的电力系统中还可能出现各种不正常工作状态。所谓不正常工作状态，通常是指由于各种原因，使电气设备或系统运行参数偏离了规定容许值的情况。例如，同步发电机及电力变压器的过负荷（负荷电流超过额定值）、水轮发电机突然甩负荷引起的过电压（电压超过额定值），以及当系统发生有功功率的缺额时所引起的频率下降等。显然，就



其性质、后果及危害性而言，不正常工作状态不同于故障，但如不及时发现和处理，就可能发展成故障。例如长时间的过负荷将使设备绝缘过热老化，严重时就会造成绝缘的损坏而发展为故障。

## 二、电力系统继电保护的的任务

电力系统发生故障或出现不正常运行时，为维持非故障设备的继续工作，对它们及时发现和处理是十分必要的。现代超高压电力系统中，为了保证并联运行的稳定性，甚至要求故障的切除时间短到百分之几秒。显然，只有借助专门的反事故自动装置，才能完成这个任务。

所谓继电保护装置，是一种能反映电气设备的故障或不正常工作状态，并作用于断路器跳闸或发出信号的自动装置。它的基本任务是：

1) 发生故障时，迅速而准确地动作，自动地将故障设备从系统中切除，以保证非故障设备继续运行，并防止故障设备继续遭到破坏。

2) 当电力系统出现不正常工作状态时，自动发出信号，以使值班人员得以及时察觉和采取必要的措施。反映不正常工作状态的继电保护，通常允许带一定的延时动作。

3) 继电保护与自动重合闸等自动装置相配合，可在输电线路发生暂时性故障时，迅速恢复故障线路的正常运行，从而提高系统供电的可靠性。

由此可见，继电保护的主要作用是，防止电力系统事故的发生和发展，限制事故的影响及范围，保证电能质量并提高供电的可靠性。所以，继电保护是现代电力系统的一个重要组成部分，它对保证系统的安全运行，具有十分重要的意义。

### § 1-2 继电保护的基本原理及分类

#### 一、继电保护的基本原理

为了在系统发生故障或不正常工作状态时实现其保护作用，继电保护装置通常由测量部分、逻辑部分和执行部分组成，如图1-1所示。

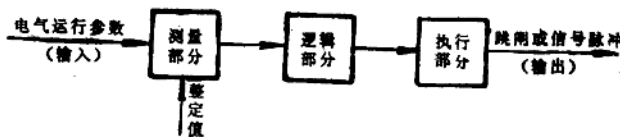


图 1-1 继电保护装置的原理方框图

测量部分的作用是测量被保护设备的有关参数，以便判断设备所处的状态（正常运行、故障或不正常工作状态）。电力系统的故障通常会引起电流增大、电压降低以及电压与电流间相位角的变化。测量部分可以反映其中的一个或若干个参数的变化，从而构成各种不同原理的继电保护装置。例如，反映电流增大的有过电流保护，反映电压降低的有低

电压保护；既反映电流、又反映电压与电流间相位角时，可构成方向电流保护；而反映电压与电流的比值即阻抗，则构成了距离保护等。图1-1中引入一个预先确定的整定值，目的就是将被测量的参数与之相比较，以便作出正确的判断。

逻辑部分的作用是根据测量部分输出的结果进行逻辑判断；即判断被保护设备的状态、确定保护装置是否动作，以及如何动作（瞬时或延时）等。

执行部分的作用则是根据逻辑部分的判断，最后完成保护装置的使命：跳闸、发出信号，或不动作。

现以过电流保护为例，说明继电保护的基本工作原理。如图1-2所示，电流继电器3的线圈接于电流互感器2LH的二次侧，构成了保护的测量部分。当被保护的设备或线路发生短路故障时，流进继电器线圈的电流增大，吸动衔铁而使继电器的接点闭合，从而接通了断路器的跳闸回路。跳闸线圈4一经通电，立即吸动铁芯，撞开锁扣5，于是断路器1DL在跳闸弹簧6的作用下，迅速断开，将故障切除。这样，从保护动作到断路器跳闸的

整个过程就结束了。在正常情况下，由于负荷电流较小，继电器线圈回路的电流不足以吸持衔铁，因而继电器的接点不闭合，断路器的跳闸回路处于不通电状态。于是断路器借助其锁扣而维持于合闸状态。

需要指出，图1-2中继电器的接点是用来判断被保护设备状态的，正常时接点断开，故障时接点闭合，因此它应属于逻辑部分。但是，接点的闭合又直接接通了断路器的跳闸回路，所以它又是保护的执行部分。在简单的保护装置中，常将逻辑部分和执行部分结合在一起，这样可使保护装置简化。

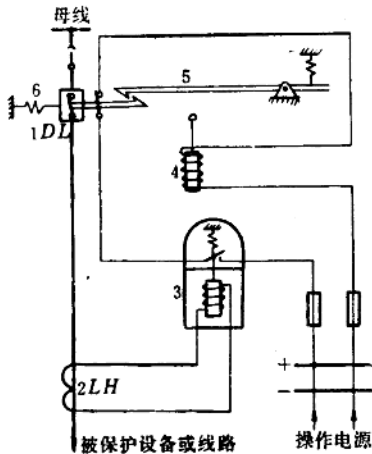


图 1-2 过电流保护原理示意图

## 二、继电保护的分类

通常按如下方法对继电保护装置分类：

1) 按所反映的物理量分类，有电流保护、电压保护、方向电流保护、距离保护以及差动保护、高频保护等。其中差动保护反映被保护设备两端电流的大小和相位的差异，而高频保护则借助于高频通道来比较被保护线路两端的电气量（如电流相位、功率方向等）。

2) 按所保护的對象可分为输电线保护、发电机保护、变压器保护、电动机保护以及母线保护等。

3) 按所反映的故障类型分类，一般有相间短路保护和接地保护等。在发电机中，还有匝间短路保护、失磁保护等。

4) 按结构型式及组成元件分类，主要有机电型、整流型和晶体管型继电保护三大类。近年来，随着大规模集成电路的出现和电子计算机技术的发展，微型计算机保护已逐渐应用于系统中。

5) 按继电保护所起的作用又可分为主保护、后备保护以及辅助保护等。主保护是电气设备(或输电线)的主要保护,因此要求有尽可能快的动作时间,而其保护范围一般不超出所保护的设备或线路之外。后备保护是指当主保护或断路器拒绝动作时,起后备作用的保护,它允许以较长的时间切除故障。辅助保护则是指为了弥补主保护性能的不足而专门装设的保护。

后备保护又分远后备和近后备两种实施方式。所谓远后备是指当主保护或断路器拒绝动作时,由靠近电源侧的相邻线路保护来实现后备保护作用的保护。例如在图1-3中,当线路XL-2发生短路而其主保护2或断路器2DL拒绝动作时,由装在XL-1的保护1动作并断开断路器1DL,从而将故障从系统中切除,这就是远后备方式。后备保护的另一种方式是近后备,即除了主保护之外,在本线路装设另一套保护作为主保护的后备。图1-3中XL-2上如采用近后备方式,则在发生故障而主保护拒动时,将由装在本线路的后备保护动作而使断路器2DL跳闸。需要指出,当断路器2DL失灵拒动时,这种近后备将失去作用。为此常需装设专门的断路器失灵保护来切除故障,从而使保护复杂化并增加了设备的投资。另外,当后备保护和主保护的公共回路(如互感器回路)发生故障时,这种近后备保护也不能发挥其应有的作用。所以在电力系统中,一般多采用远后备保护方式。

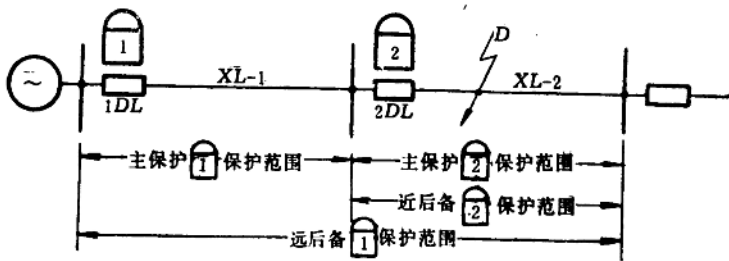


图 1-3 主保护及后备保护的 protection 范围

### § 1-3 对继电保护的基本要求

对继电保护的基本要求,通常可归纳为可靠性、选择性、快速性和灵敏性四个方面,这些基本要求既矛盾,又统一;既是分析研究继电保护技术性能的基础,又贯穿在保护装置的制造、设计、配置、整定和调试等各个方面。现分别阐述如下。

#### 一、可靠性

所谓可靠性,是指继电保护的工作应安全可靠,即当保护范围内发生故障时,保护装置应可靠地动作,而在不属于它应该动作的情况下,则不应误动作。如果该动作的时候拒绝动作,则保护将如同虚设而失去其保护作用;如果不该动作的时候误动作,则保护本身反而成为事故的根源。显然,不论是拒动,还是误动,其结果都将造成事故的扩大,这是不能容许的。所以,可靠性是对继电保护的一个最根本的要求。

保护装置误动作或拒绝动作的主要原因是制造、安装质量不高,或是运行维护管理不

当，以及设计、配置、整定不合理等。为了提高可靠性，除在上述各方面注意改进外，还应着重做到以下两点：

1) 必须采用性能良好、质量合格的装置和元件。为此在制造上，应不断改进技术性能，提高工艺水平。在投入运行前要认真检验，严格把关。

2) 在满足要求的前提下，尽量采用较简单的保护方式。经验证明，保护愈复杂，继电器及其接点愈多，则运行维护工作量愈大，从而保护可靠性也愈低。

## 二、选择性

所谓选择性，是指继电保护的动作是应该有选择的，即只切除故障设备，以保证非故障部分继续运行，从而将事故影响限制在最小的范围内。

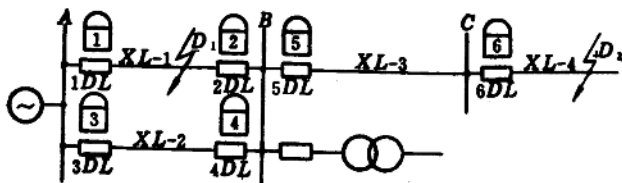


图 1-4 继电保护选择性的说明图例

见图1-4，当线路XL-4上 $D_2$ 点短路时，按照选择性的要求，应由保护6动作并断开断路器6DL。此时，故障线路XL-4即从系统中切除，系统的其它无故障部分将继续工作。但是如果由其它保护动作并跳闸（例如由保护5动作跳开断路器5DL），虽然故障线路XL-4被切除了，但无故障的线路XL-3及其所带的变电所C的母线也均停电，使停电范围增大了，这就属于无选择性动作。再如，当线路XL-1上 $D_1$ 点短路时，应由保护1和2动作分别断开断路器1DL和2DL，这样就有选择性地切除了故障线路XL-1。需要指出的是，在双回路运行的情况下，短路电流也分为两路：一路由电源经线路XL-1流向短路点，另一路经线路XL-2、变电所B的母线流向短路点。因此，只有同时切除线路XL-1两侧的断路器，才能切断短路电流，完成切除故障的任务。在这种情况下，如果断路器3DL或4DL跳闸，就会造成变电所B及其供电的整个电网停电，这也是非选择性动作。

还有一种情况，在图1-4中 $D_2$ 点短路而保护6或断路器6DL拒动时，根据后备保护的要求，应由保护5动作断开断路器5DL，这也将造成线路XL-3及变电所C的停电。但这种事故的扩大是由故障线路的保护或断路器拒动所引起的。所以，保护5的动作及断路器5DL跳闸是正确的，它反映了后备保护的作用，并且仍然是尽可能地限制了事故的扩大，尽量地缩小了停电的范围，因而应属于有选择性的动作。

## 三、快速性

快速性就是要求继电保护快速动作，以尽可能短的时间将故障从电网中切除。

继电保护的快速动作可以限制故障扩大、减轻设备损坏程度，提高系统的稳定性和供电的可靠性。现将快速切除故障的优点分述如下。

1) 可以提高发电机并联运行的稳定性。当在发电厂A的出口D点发生短路时(见图1-5), 该厂的母线电压几乎下降到零, 发电机几乎将负荷全部甩掉。这时发电机轴上的原动力矩将大大超过电磁力矩, 发电机的转速将大幅度地上升。但是对发电厂B来说, 由于母线上仍有较高的残余电压, 发电机卸去的负荷较少, 因而发电机转速的增加也较小。这样, A、B两厂发电机之间将出现转速差, 如果继电保护不能很快地切除故障, 则两厂的发电机将失去同步, 使系统发生振荡甚至瓦解。

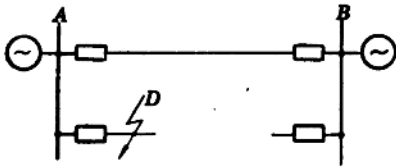


图 1-5 短路对并联运行影响的说明图例

如果迅速切除故障, 则由于两厂发电机间的转角差还较小, 就有可能将两厂的电机重新拉入同步。因此, 快速切除故障, 是提高系统稳定的一项重要措施。

2) 可以减轻电弧对故障设备的破坏, 以及短路电流对故障支路元件的损坏程度。

3) 可以加速系统电压的恢复, 改善用户电动机的自启动条件, 使用户的工作尽可能少受故障的影响。

4) 可以防止故障进一步的扩大和发展, 提高自动重合闸的成功率。经验证明, 短路持续的时间愈长, 故障会愈加严重。在故障点电弧的作用下, 接地故障可能扩大为相间短路, 暂时性故障也可能发展成永久性故障。

在考虑继电保护的快速性时, 应注意以下两个问题。

1) 故障切除时间是指从故障发生开始到断路器跳闸且电弧熄灭为止的这段时间, 它等于继电保护动作时间与断路器跳闸时间(包括灭弧时间)之和。所以, 为了实现快速切除故障, 单纯地加快保护的动作为是不够的, 还必须采用快速动作的断路器。

2) 提高保护动作的快速性常导致保护装置的复杂化。为此, 脱离系统稳定性的要求、电网的结构和电压等级以及设备的重要性和工作条件等因素去单纯地追求快速动作是不尽合理的, 有时, 反而还会降低保护的可靠性。所以, 保护的动作时间, 应通过技术经济比较后确定。在采用快速断路器(其跳闸时间为0.04~0.06s)的情况下, 对主保护动作时间的要求, 一般如表1-2所示。

表 1-2 主保护的 动作时间

电网的电压等级 (kV)	110	220~330	500~750
主保护的 动作时间 (s)	0.1~0.5	0.04~0.1	0.02~0.04

#### 四、灵敏性

灵敏性又称灵敏度, 是指保护装置对其保护范围内故障或不正常工作状态的反应能力。这种反应能力一般通过被保护设备发生故障时的实际参数与保护装置动作(整定)参数的比较来确定。例如, 对过电流保护, 当短路电流达到其动作电流时, 保护刚好能够动作, 而当短路电流超过动作电流时, 保护的 动作就更加可靠了。所以, 短路电流比动作电流大

得愈多，保护的動作就愈灵敏。在继电保护的分析和计算中，通常就用灵敏系数来衡量保护的灵敏性。灵敏系数 $K_i$ 的定义如下：

1) 对于反应故障时参数上升的保护装置（例如过电流保护），其灵敏系数为：

$$K_i = \frac{\text{保护区末端金属性短路时故障参数的最小计算值}}{\text{保护装置动作参数的整定值}}$$

2) 对于反应故障时参数下降的保护装置（例如低电压保护），其灵敏系数为：

$$K_i = \frac{\text{保护装置动作参数的整定值}}{\text{保护区末端金属性短路时故障参数的最大计算值}}$$

根据上面的定义，无论对反应故障参数上升还是反应故障下降的保护，对灵敏系数的要求均应大于1。各类保护的最小灵敏系数，在《继电保护和自动装置设计技术规程》中都有明确的规定，一般不小于1.2~2。

为了计算灵敏系数，首先应确定故障参数的计算条件。这是因为短路电流或电压不仅与系统的运行方式有关，而且还和故障的类型有关。灵敏度的校验，一般应在最严重的计算条件下进行，因为只有这样，才能保证在所有情况下保护的灵敏性。为此，在考虑系统的运行方式时，常采用两种实际可能出现的极端运行方式，即最大运行方式和最小运行方式。

所谓最大运行方式，是指系统中投入运行的电源容量最大，系统的等值阻抗最小，以致发生故障时，短路电流最大的那种运行方式。以图1-6所示的系统为例，当所有的发电机、变压器、并联的输电线均投入运行时，系统的等值阻抗 $Z_c$ 最小。在线路XL-3上短路时，其短路电流最大，故图1-6(a)即为最大运行方式。而图1-6(b)则为投入的发电机、变压器及并联线路最少，即电源容量最小，系统的等值阻抗最大，因而为短路电流最小的运行方式，即最小运行方式。显然，系统还有其它许多运行方式，但都不属于极端情况，因它们均处于最大及最小运行方式之间。应该指出的是，在制定系统的极端运行方式时，应根据

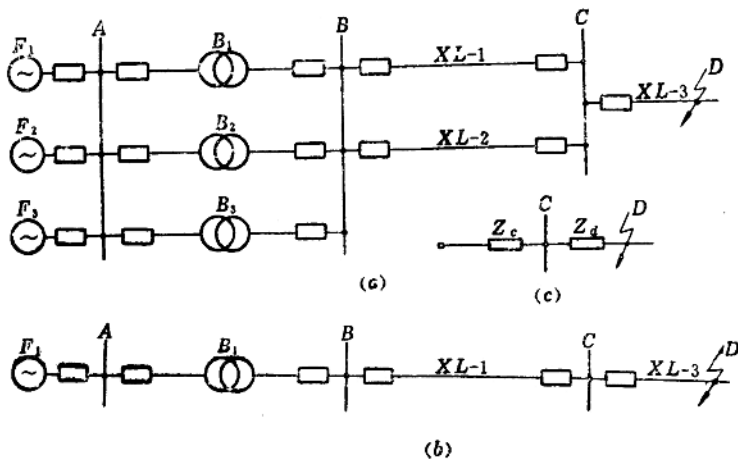


图 1-6 系统运行方式图例  
(a)最大运行方式；(b)最小运行方式；(c)等值电路

运行中实际可能出现的情况。例如图1-6中，当一台发电机检修、一台机事故跳闸时，就出现了只剩一台机运行的方式。但如果并联运行的发电机不是三台，而是很多台时，就不一定以一台机运行作为最小运行方式，否则就可能对继电保护提出过高的要求，而不必要地造成保护的复杂化。

故障参数的计算除了要考虑运行方式外，还应考虑最不利的故障类型。例如，由于两相短路时的短路电流比三相短路小，所以，对于保护相间短路的过电流保护，在校验其灵敏度时，就应按最小运行方式下的两相短路来进行计算。显然，只要在这种条件下灵敏度满足要求，那么在其它任何运行方式及故障类型下，均能保证有足够灵敏度。

最后应该指出，可靠性、选择性、快速性和灵敏性这四个基本要求，既互相联系又彼此矛盾。我们应从全局着眼，以满足系统的要求为前提，以安全可靠、防止保护的误动和拒动为中心，密切结合实际情况，具体地处理好它们的关系，从而找出合理的保护方案，使继电保护在系统中发挥最好的作用。

## § 1-4 继电器的分类、型号和表示方法

### 一、继电器及其作用

继电器是一种自动动作的电器，当控制它的物理量达到一定的数值时，能使它所控制的另一物理量发生突然的变化。例如，图1-2中的3是一个电流继电器，其控制量为电流互感器二次线圈所提供的交流电流，而被控制量为加到跳闸线圈上的直流电压。正常运行时，继电器的接点断开，跳闸线圈的电压为零。发生故障时控制电流增大，继电器的接点闭合，跳闸线圈的电压突变为操作电源的电压，于是使断路器跳闸。

继电器是构成电力系统继电保护的基本元件。为了和其它用途的继电器相区别，通常又将用于保护装置中的各种继电器，统称为保护继电器。一般说来，在继电器的控制量和被控制量中，应至少有一个是电气量。控制量为电气量时，称为电量继电器，保护继电器大都属于此类。此外，还有反应非电量的继电器，如瓦斯继电器、热继电器及压力继电器等。

继电器一般都由感受元件、比较元件和执行元件三个部分所构成。感受元件（例如图1-2中继电器3的线圈）用来反映控制量（如电流）的变化，并以某种形式传递给比较元件；比较元件（如图1-2中继电器3的弹簧）将接受的量与预先给定的量（即整定值）相比较，并将比较的结果作用于执行元件；执行元件（例如图1-2中继电器的接点）接受这个作用后动作，使被控量（如电压）发生突变，从而完成继电器所担负的任务。由于此种电器具有接受某一物理量的控制，并且在动作之后又继而控制另一个电路的性能，所以称为继电器。

### 二、继电器的分类

保护继电器主要按下列两种方法分类。

#### 1. 按在保护中的作用分类

按在保护中的作用分类可分为测量继电器和辅助继电器两大类。

1) 测量继电器直接反应电气量的变化, 按所反应电量的不同, 又可分为电流继电器、电压继电器、功率方向继电器、阻抗继电器、频率继电器以及差动继电器等。

2) 辅助继电器用来改进和完善保护的功能, 按其作用的不同, 可分为中间继电器、时间继电器以及信号继电器等。

### 2. 按结构型式分类

按结构型式分类, 目前主要有机电型、整流型以及晶体管型三大类。

1) 机电型继电器是以电磁原理为基础构成的、具有可动机械部分的传统型式继电器。按其构成原理又可分为电磁型继电器、感应型继电器、极化型继电器以及干簧型继电器等。

2) 整流型继电器是利用二极管的整流作用构成的、以极化继电器为执行元件的继电器。

3) 晶体管型(又称半导体型)继电器则是以晶体管的放大和开关原理为基础, 由晶体管、二极管、小型变压器及电阻、电容元件构成的继电器。这三种类型继电器主要特性的概括对比, 如表1-3所示。

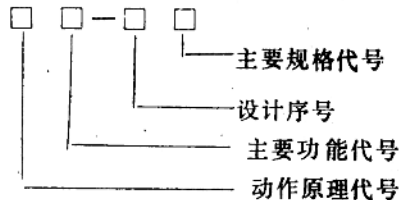
表 1-3 三种类型继电器的性能比较

性能 类型	动作速度	灵敏度	功率消耗	抗干扰性	抗温度影响	稳定直流电源	成本
机电型	慢	低	大	好	好	不要	低
整流型	中	中	中	好	好	不要	中
晶体管型	快	高	小	差	差	要	高

目前整流型及晶体管型继电器均已大量生产和使用。随着大规模集成电路的出现及微型电子计算机的发展, 一种新型的继电器——计算机型继电器已经问世并开始用于系统中。这种继电器不仅具有速度快、特性好、可靠性高(可以连续不断地进行自检并采取纠正措施)、灵活性强(通过不同的预编程序存储器模块便可构成不同的继电器)的特点, 而且还可以对故障进行周全的分析和判断。随着微型计算机成本的不断下降, 计算机继电器必将得到迅速的发展和运用, 这是当前继电保护技术发展的一个重要趋向。

### 三、继电器的型号

我国生产的继电器型号, 由动作原理代号、主要功能代号、设计序号及主要规格代号所组成, 其表示形式如下:



继电器的动作原理代号及主要功能代号, 按标准(JB2649-79)的规定, 均以汉语拼音字母表示, 常见的代号如表1-4所示。设计序号及主要规格代号则用阿拉伯数字表示。继电



表 1-4

常见继电器的型号代号

动作原理代号 (第一位)		主要功能代号 (第二或第二、三位)			
代号	代表意义	代号	代表意义	代号	代表意义
B	“半”导体型 (即晶体管型)	L	电“流”	D	接“地”
D	“电”磁型	Y	电“压”	CD	“差”“动”
G	“感”应型	Z	“中”间	C	“冲”击
J	“极”化型	S	“时”间	H	极“化”
L	整“流”型	X	“信”号	JL	“距”“离”
M	“马”达型 (即电动机型)	G	“功”率方向	WB	“微”“波”
S	“数”字型	P	“平”衡	CH	“重”“合”闸
F	“附”件	Z	“阻”抗	ZC	“综”合“重”合闸











表 1-5

继电器接点形式及数量的常用代号

代 号	常 开	常 闭	代 号	常 开	常 闭
1	1	0	5	2	2
2	0	1	6	2	0
3	1	1	7	4	0
4	2	0	8	3	1

表 1-6

常用继电器的表示符号

继电器名称	图 形 符 号	文字符号	继电器名称	图 形 符 号	文字符号
一般继电器		J	差动继电器		CJ
电流继电器		LJ	时间继电器		SJ
电压继电器		YJ	中间继电器		ZJ
功率方向继电器		GJ	信号继电器		XJ
阻抗继电器		ZKJ	反时限过电 流继电器		1J